



Bulletin

Lebensmittel – Ernährung und Gesundheit L'alimentation – nutrition et santé

Mit Beiträgen von – avec des contributions de

Michael Teuber und Leo Meile

Erich J. Windhab

Fabian Wahl

Dietrich Knorr

Christian N. Schwab, Francesco Stellacci

Matthias S. Meier, Franziska Götze,

Evelyn Markoni, Elisabeth Eugster,

Daniel Heine, Katrin Kopf-Bolanz,

Christoph Denkel

Diego Bryner

Carla Horvath, Joelle Houriet, Christian Wolfrum

Stefan Bürki und Roland Stähli

Shana J. Sturla

Berichte der Hochschulen

47. Jahrgang, Nr. 1 – April 2021

47ème année, n° 1 – avril 2021

ISSN 1663-9898

Ernährungssysteme nachhaltiger gestalten

Einblicke in die transdisziplinären Forschungsaktivitäten der Berner Fachhochschule, Fachbereich Food Science & Management

Matthias S. Meier*, Franziska Götze*, Evelyn Markoni*, Elisabeth Eugster*, Daniel Heine*,
Katrin Kopf-Bolanz*, Christoph Denkel*

1. Einleitung

Nirgends sind die Anforderungen an eine nachhaltige Entwicklung herausfordernder und vielschichtiger als in Ernährungssystemen. Betrachtet man das globale Ernährungssystem, wird die Schere zwischen Versorgungssicherheit mit ausreichend und gesunden Lebensmitteln auf der einen Seite und Erhalt der Regenerationsfähigkeit der natürlichen Ressourcen auf der anderen immer grösser. Durch die zunehmende Flächenausdehnung und Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion geraten bio-geochemische Kreisläufe aus dem Gleichgewicht und treiben den Biodiversitätsverlust sowie den Klimawandel voran.

Die anhaltende Überbeanspruchung der biophysischen Grenzen der Erde – auch als Planetary Boundaries bezeichnet – setzt die Stabilität des globalen Ökosystems und damit die Versorgungssicherheit unseres Ernährungssystems aufs Spiel (Willett *et al.* 2019). Verantwortlich für diese Entwicklung sind im Wesentlichen zwei Trends: Der stetige Anstieg der Weltbevölkerung zum einen und der zunehmende Ressourcenverbrauch pro Kopf zum anderen (Ripple *et al.* 2019). Haupttreiber in diesem Zusammenhang sind auf globaler Ebene der zunehmende Trend zu einer Ernährung mit einem höheren Anteil an tierischen Proteinen, ein zunehmender Überkonsum sowie ein anhaltend hoher Anteil an Lebensmitteln, welche entlang der Wertschöpfungskette verloren gehen oder verschwendet werden.

Das Dilemma, immer mehr Lebensmittel produzieren und gleichzeitig die negativen Umweltauswirkungen dieser Produktion drastisch reduzieren zu müssen, kann nur durch das Anstreben eines Pro-Kopf-Verbrauchs an Lebensmitteln durchbrochen werden, der die Knappheit der natürlichen Ressourcen berücksichtigt. Wie eine solche Ernährung im globalen Durchschnitt aussehen könnte, wird in der Arbeit der EAT-Lancet Commission aufgezeigt (EAT-Lancet Commission 2019). Eine ausreichende und gesunde Ernährung, die innerhalb der globalen Ökosystembelastungsgrenzen liegt, beinhaltet geringere Anteile an tierischen und stärkehaltigen Nahrungsmitteln, dafür einen höheren Anteil an Früchten und Gemüse, Vollkorngetreide und pflanzlichen Proteinen. Diese globale Durchschnittsernährung dient als Richtlinie,

* Berner Fachhochschule BFH, Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL, Länggasse 85, 3052 Zollikofen.

E-mail: matthiassamuel.meier@bfh.ch

Website: [Doz.Dr.MatthiasMeier\(bfh.ch\)](http://Doz.Dr.MatthiasMeier(bfh.ch))



Matthias Meier, Dr. sc. nat. ETH, dipl. Umwelt-Natw. ETH, seit Mitte 2019 Dozent für nachhaltige Lebensmittelwirtschaft, Leiter Forschungsgruppe «Nachhaltigkeitsbewertung von Lebensmittelsystemen» im Fachbereich Food Science & Management an der BFH-HAFL. Studium der Umweltwissenschaften an der ETH Zürich, Promotion im Bereich ökologischer Risikoforschung mit gentechnisch veränderten Pflanzen am Institut für Integrative Biologie der ETH Zürich. Matthias Meier lehrt im Bachelor- und Masterprogramm mit Schwerpunkt Nachhaltigkeitsanalyse und -bewertung von Lebensmittelsystemen. Seine Forschungsschwerpunkte liegen in der quantitativen Umweltbewertung von Produkten und Prozessen mittels Ökobilanzierung und deren methodischen Weiterentwicklung. Forschungsprojekte und Publikationen in den Bereichen Nachhaltigkeitsbewertungstools für Lebensmittelverarbeitende Betriebe, Bewertung der Nachhaltigkeitsleistung von Lebensmittellabels, standortangepasste Tierproduktion, Nachhaltigkeitsbeurteilung im Kontext Stadternährung, Umweltbewertung von Massnahmen zur Reduktion von Lebensmittelverlusten und -verschwendung.

E-mail: franziska.goetze@bfh.ch

Website: [Dr.FranziskaGoetze\(bfh.ch\)](http://Dr.FranziskaGoetze(bfh.ch))



Franziska Götze, Dr. agr., ist seit 2016 als wissenschaftliche Mitarbeiterin für Konsumentenverhalten an der BFH-HAFL tätig. Von 2013 bis 2016 arbeitete sie in der Forschungsgruppe Sozioökonomie von Agroscope. Studium der Agrarwissenschaften mit Spezialisierung Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus an der Georg-August-Universität Göttingen und der Agrarökonomie an der Humboldt-Universität zu Berlin. Promotion 2019 an der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn. Forschungsprojekte und Publikationen u.a. zu folgenden Themen: Nachfrage nach Bio-Lebensmitteln, Fleisch- und Fischkonsum und Fleischalternativen, nachhaltige Ernährungssysteme.

E-mail: evelyn.markoni@bfh.ch

Website: [Dr.EvelynMarkoni\(bfh.ch\)](http://Dr.EvelynMarkoni(bfh.ch))



Evelyn Markoni, Dr. phil., studierte Soziologie, Betriebswirtschaftslehre und Medienwissenschaft an der Universität Basel. Als Nachhaltigkeits- und Ernährungssoziologin lehrt und forscht sie an der BFH-HAFL unter anderem zu Ernährungsstilen und nachhaltigem Unternehmertum. Sowohl beruflich als auch privat engagiert sie sich für eine Transformation hin zu einem nachhaltigen Ernährungssystem in Bern. Evelyn Markoni absolvierte unter anderem Forschungsaufenthalte an der National University of Ireland, Galway und der Chulalongkorn Universität in Bangkok, Thailand. Forschungsprojekte und Publikationen u.a. zu folgenden Themen: Nachhaltiger Konsum und Lebensstile in der Schweiz, Sozial-ökologische Transformation des Ernährungssystems, Sozialer Wandel und Digitalisierung im Handlungsfeld Ernährung.

E-mail: elisabeth.eugster@bfh.chWebsite: [Prof. Dr. Elisabeth Eugster \(bfh.ch\)](http://Prof. Dr. Elisabeth Eugster (bfh.ch))

Elisabeth Eugster, Dr. sc. techn. ETHZ, dipl. LM-Ing. ETHZ, leitet den Fachbereich Food Science & Management an der BFH-HAFL und ist sowohl im Bachelor- als auch im Masterprogramm als Dozentin für Lebensmittelmikrobiologie, Lebensmittelsicherheit, Qualitätsmanagement und Biokonversion tätig. Lebensmittelingenieur-Studium an der ETHZ, Zertifikat für das Lehramt an Hochschulen, Promotion in den technischen Naturwissenschaften an der ETHZ. Expertin bei Innosuisse, der Förderagentur für Innovation der Schweiz. Forschungsprojekte und Publikationen zu: mikrobielle Biodiversität und deren Nutzung für die Herstellung von fermentierten Lebensmitteln, Schutzkulturen und Biokonversion, Stoffwechsel Pediokokken, Lebensmittelsicherheit, Käse-technologie.

E-mail: daniel.heine@bfh.chWebsite: [Prof. Daniel Heine \(bfh.ch\)](http://Prof. Daniel Heine (bfh.ch))

Daniel Heine, M.Eng Dipl.-Ing. Biotechnologie, ist Dozent und Forscher in der Fachgruppe Lebensmitteltechnologie des Fachbereichs Food Science & Management an der BFH HAFL. Er unterrichtet zu Lebensmittelchemie und -qualität, Technologie der Kohlenhydrate sowie instrumenteller Analytik und leitet die Mastertiefung in Food,

Nutrition and Health. In seinen Forschungsarbeiten widmet er sich vornehmlich dem Thema der Biokonversion (Einsatz enzymatischer und fermentativer Verfahren) zur Herstellung von hochwertigen Lebensmitteln. Ein besonderer Fokus liegt hierbei auf der erzielten Ressourceneffizienz im Umgang mit den eingesetzten biogenen Rohstoffen. Diplomingenieurstudium der Biotechnologie an der TU Berlin, der Dongseo University Busan (Südkorea) sowie der ETHZ, CAS in Hochschuldidaktik (BFH). Generalsekretär und Leiter technisches Komitee der Vereinigung der Hersteller von Johannisbrotkernmehl (INEC). Forschungsprojekte und Publikationen zu: Biokonversion, fermentierte Lebensmittel, Proteinalternativen, Nutzbarmachung von Nebenprodukten der Lebensmittelindustrie.

muss aber auf der Ebene regionaler Ernährungssysteme für deren Transformation zu mehr Nachhaltigkeit adaptiert werden, abhängig vom Ökosystemkontext in der regional produzierenden Landwirtschaft und der regional vorherrschenden Esskultur.

Die Nachhaltigkeitsproblematik des globalen Ernährungssystems widerspiegelt sich in städtischen Ernährungssystemen im Kleinen. Wenn es gelingt, insbesondere städtische Ernährungssysteme in Richtung mehr Nachhaltigkeit zu transformieren, wird allein die Tatsache, dass die Mehrheit der Menschen in Städten lebt, eine grosse Hebelwirkung auf das globale Ernährungssystem haben. Im Folgenden legen wir deshalb den Fokus auf städtische Ernährungssysteme und zeigen auf, wie mit angewandten Forschungsprojekten und verschiedenen Innovationen entlang der Wertschöpfungskette ein Beitrag zu deren Transformation geleistet werden kann.

2. Transformation städtischer Ernährungssysteme

Auch städtische Ernährungssysteme sind nach wie vor komplex, bilden aber eine genügend abgrenz-

bare Einheit, um die Herausforderungen in Bezug auf eine nachhaltige Ernährung anzugehen. Zudem ist Ernährung ein Querschnittsthema, das eine Vielzahl von kommunalpolitischen Handlungsfeldern verbindet, wie zum Beispiel Gesundheit, Tourismus, Flächennutzung, usw., und sich damit anbietet, umfassende Entwicklungsprozesse in Richtung Nachhaltigkeit anzustossen (Schanz *et al.* 2020). Die Transformation städtischer Ernährungssysteme hin zu mehr Nachhaltigkeit erfordert eine systematische Analyse der einzelnen Systemelemente und ihrer Beziehungen untereinander. Im Zentrum steht die Versorgung mit Lebensmitteln innerhalb von Ernährungssystemen, welche über die Wertschöpfungskette von der landwirtschaftlichen Produktion, über die Verarbeitung und den Handel bis zu den Konsumierenden, sichergestellt wird. Diese Wertschöpfungskette ist eingebettet in einen Umwelt-, sowie einen sozialen, ökonomischen und kulturellen Kontext, welche sich gegenseitig beeinflussen (van Berkm *et al.* 2018).

Angefangen bei der landwirtschaftlichen Produktion im regionalen Umfeld einer Stadt wird die Steigerung des Absatzes und der Nachfrage von lokal produzierten Lebensmitteln als wichtige Strategie zu mehr Nachhaltigkeit in städtischen Ernährungssystemen gesehen (Wiskerke 2009). Regional produzierte Lebensmittel sind aber nicht per se nachhaltig. Entscheidend ist, ob die landwirtschaftliche Produktionsintensität soweit standortangepasst ist, dass sich die natürlichen Ressourcen regenerieren können. In dem Sinne gibt der lokale Ökosystemkontext vor, wie intensiv produziert werden kann. Die Produktionsintensität innerhalb der lokalen Ökosystembelastungsgrenzen wiederum determiniert, wieviel landwirtschaftliche Rohprodukte aus der Region für die städtische Ernährung zur Verfügung stehen. Entsprechende Analysen städtischer Ernährungssysteme in Mitteleuropa zeigen, dass eine an die lokalen Ökosystembelastungsgrenzen angepasste Produktionsintensität zwar weniger tierische Produkte bereitstellt, unter dem Strich aber nicht weniger Nahrungskalorien und Proteine. Dies ist deshalb der Fall, weil Ackerflächen anstatt für den Futterbau für die direkte menschliche Ernährung bewirtschaftet werden können (Meier *et al.* 2020).

Um den Ersatz tierischer durch pflanzliche Proteine in unserer Ernährung zu erleichtern, ist die Lebensmittelverarbeitung gefragt. Diese kann durch entsprechende technologische Innovationen aus pflanzlichen Proteinen schmackhafte und gesunde Lebensmittel herstellen, die den Bedürfnissen einer wachsenden Zahl von Verbraucher*innen entsprechen. Damit landwirtschaftliche Rohstoffe aus

regionaler Produktion über verarbeitete Lebensmittel auch tatsächlich im jeweiligen städtischen Ernährungssystem abgesetzt werden, ist das Vorhandensein lokaler Lebensmittelverarbeitender Betriebe entscheidend (Moschitz und Frick 2020). Hier kann die Politik unterstützend wirken, indem sie die Rahmenbedingungen für diese in der Regel kleinen Betriebe verbessert. Zusätzlich können in diesem Kontext städtische Ernährungsinitiativen helfen, innovative Lebensmittel breit zugänglich zu machen. Schliesslich ist es aber auch wichtig, dass Innovationen in der Lebensmittelverarbeitung von den Konsument*innen akzeptiert werden und sichere, gesunde und nachhaltige Lebensmittel für die städtischen Bewohner*innen gleichermaßen und gerecht zugänglich sind. Dazu müssen die entscheidenden Faktoren bekannt sein, weshalb der Konsumforschung eine tragende Rolle zukommt.

Der Fachbereich Food Science & Management (FSM) der Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften (BFH-HAFL) betreibt angewandte Forschung und entwickelt Innovationen entlang der Wertschöpfungskette von der Landwirtschaft, über die Lebensmittelverarbeitung, bis hin zur Konsumforschung. Zahlreiche dieser Projekte haben einen direkten Bezug zu Nachhaltigkeitsaspekten. Im Folgenden werden ausgewählte Projekte und Aktivitäten des Fachbereichs, die für die Transformation hin zu nachhaltigeren Ernährungssystemen relevant sind, vorgestellt.

3. Schutzkulturen für eine ökologisch-verträgliche Landwirtschaft

Die FAO schätzt, dass weltweit etwa 56% des gesamten Obstes und Gemüses zwischen Feld und Teller verloren gehen oder verschwendet werden. Verderb durch unerwünschte Mikroorganismen sowie unsachgemässe Transport- und Lagerbedingungen gehören zu den wichtigsten Gründen für diesen Verlust (Gustavsson *et al.* 2011). Synthetische Pflanzenschutzmittel, antimikrobielle Verbindungen oder chemische Desinfektionsmittel werden vor und nach der Ernte eingesetzt, um die unerwünschten Mikroorganismen aufzufrischen und minimal verarbeiteten Produkten zu eliminieren und Erträge und Pflanzenqualität zu sichern. Mit dem chemischen Pflanzenschutz sind jedoch viele Risiken verbunden, einschliesslich unerwünschter Auswirkungen auf die Gesundheit von Mensch und Tier sowie auf die Umwelt. Die heutigen Nahrungsmittelsysteme kommen so bezüglich Umweltverträglichkeit und Nachhaltigkeit an ihre Grenzen. Eine Herausforderung der industrialisierten Landwirtschaft ist die Akkumulation von Umweltschadstoffen, die auf der einen Seite zwar die unmittelbaren Ernteaussbeuten

E-mail: katrin.kopf@bfh.ch

Website: [Dr. Katrin Kopf-Bolanz \(bfh.ch\)](http://Dr.KatrinKopf-Bolanz(bfh.ch))



Katrin Kopf-Bolanz, Dr. in Biochemie, Master Ernährungswissenschaft ist wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Forschungsgruppe "Lebensmittelprozesstechnologie und nachhaltige Innovation". Ihre Forschungsschwerpunkte sind nachhaltige Proteinquellen, Entwicklung von Alternativprodukten mit hoher Proteinqualität und definierten technofunktionellen Eigenschaften und die Valorisierung von Molke. Sie ist Modulverantwortliche für Module im Bachelor- und Masterprogramm, bei denen es um die Auswirkung der Verarbeitung auf die Nährstoffe und die Verarbeitung von Produkten für bestimmte Zielgruppen geht. Vor ihrer Tätigkeit an der BFH hat sie bei Agroscope in der Proteinforschung gearbeitet und dort unter anderem ein In vitro Verdaumodell entwickelt (Projekt Nutrichip).

Forschungsprojekte und Publikationen u.a. zu folgenden Themen: Ernährungsphysiologische Bewertung von Milchalternativen, Proteinquellen für Fleischersatz in der Schweiz, Auswirkung der Verarbeitung auf die Proteinverdauung, Valorisierung von Molke für die menschliche Ernährung

E-mail: christoph.denkel@bfh.ch

Website: [Prof. Dr. Christoph Denkel](http://Prof.Dr.ChristophDenkel)



Christoph Denkel, Dr. sc. ETH, Dipl.-Ing., Leiter Forschungsgruppe «Lebensmittelprozesstechnologie und nachhaltige Innovation» im Fachbereichs Food Science & Management an der BFH-HAFL. Studium der Lebensmitteltechnologie an der Universität Hohenheim, Promotion im Bereich Lebensmittelverfahrenstechnik an der ETH Zürich. Er lehrt im Bachelor- und Masterprogramm mit Schwerpunkt Verarbeitungs- und Prozesstechnologien sowie deren Auswirkungen auf Produkt- und Materialeigenschaften. Der Forschungsschwerpunkt liegt auf nachhaltiger und ressourceneffizienter Lebensmittelproduktion, mit besonderem Interesse an massgeschneiderter Strukturierung von Lebensmitteln, neuen Prozesstechnologien und Vollverwertung von Rohstoffen.

Forschungsprojekte und Publikationen in den Bereichen pflanzliche Proteinquellen, vegane Alternativprodukte, Upcycling von Nebenströmen, Lebensmittel-3D-Druck

und Qualitäten steigern, allerdings zunehmend ein unzumutbares Erbe für die Nachwelt werden.

Der Bundesrat hat im September 2017 den Aktionsplan zur Risikominderung und nachhaltigen Nutzung von Pflanzenschutzmitteln verabschiedet. Die Risiken sollen halbiert und Alternativen zum chemischen Pflanzenschutz gefördert werden (Anonymous 2017). Zudem werden die eidgenössischen Volksinitiativen «Für sauberes Trinkwasser und gesunde Lebensmittel – keine Subventionen für den Einsatz von Pestiziden und prophylaktischen Antibiotika» und «Für eine Schweiz ohne synthetische Pestizide» derzeit breit diskutiert und am 13. Juni 2021 zur nationalen Abstimmung gelangen. Diese Entwicklungen zeigen deutlich, dass ein grosses Interesse daran besteht, Alternativen zu herkömmlichen chemischen Pflanzenschutzmitteln für die Produktion von frischen Agrarprodukten sowie für die Verminderung von Nachernteverlusten zu nutzen.

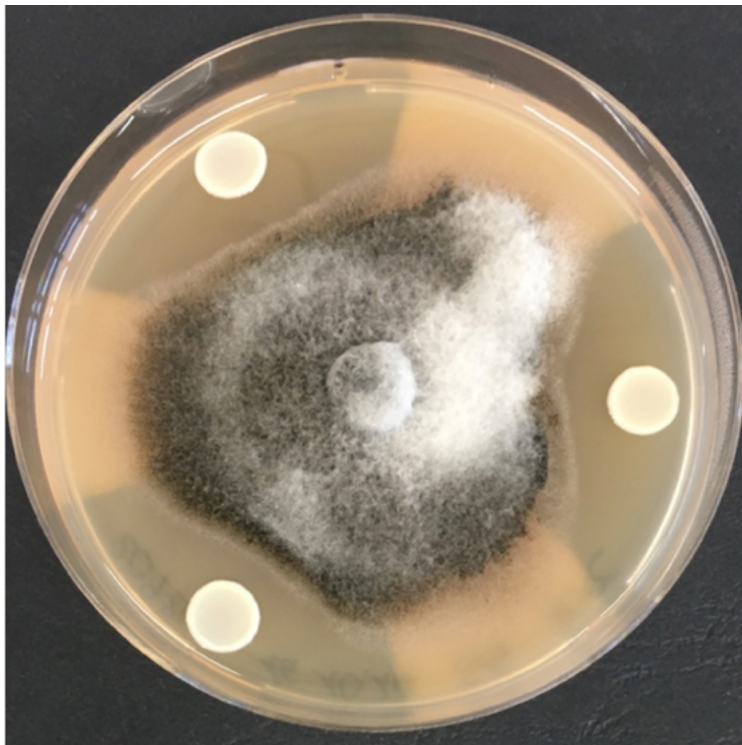


Abbildung 1. Dual assay zur in vitro Prüfung des Hemmeffektes der Milchsäurebakterien gegen *Thielaviopsis basicola*.

Die Lebensmittelbranche hat erkannt, wie wichtig eine ökologisch verträgliche Nutzung der natürlichen Ressourcen ist. In Frankreich haben sich beispielsweise Nestlé, McCain und Lidl zusammengeschlossen, um im Projekt «Earthworm» die Bodengesundheit anhand von physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften näher zu kartographieren und somit einen ersten Schritt in Richtung «Regenerativer Landwirtschaft» zu gehen. In der regenerativen Landwirtschaft geht es darum, die Gesundheit und die makroskopische sowie mikroskopische Biodiversität des Bodens zu erhalten und zu unterstützen. Der gezielte Einsatz von Mikroorganismen zur Optimierung der Nährstoffaufnahme bei gleichzeitigem Pflanzenschutz und zur Erhaltung der Pflanzengesundheit ist hierbei ein vielversprechender Ansatz für dringend benötigte natürliche und längerfristig-nachhaltigere Alternativen. Die Mikroorganismen dienen als Schutzkulturen zur Biokonservierung, dem Erhalt eines robusten Mikrobioms der natürlichen Ressourcen und können so den Einsatz von Agrochemikalien reduzieren sowie toxische Umweltgifte abbauen (Ahmad et al. 2018).

In der Produktion von Gemüse und Früchten ist die Biokonservierung durch den Einsatz nützlicher



Abbildung 2. Karotte mit *Thielaviopsis basicola* (Erreger der Schwarzen Wurzelfäule).

Mikroorganismen und ihrer Metaboliten gegen unerwünschte Verderbniserreger und Pathogene eine vielversprechende Massnahme zur Bekämpfung von Vor- und Nacherntefäule und kann die Lebensmittelqualität und -sicherheit nachhaltig verbessern (Akbar et al. 2016; Haidar et al. 2016; Romanazzi et al. 2016; Leneveu-Jenvrin et al. 2020).

Im Fachbereich Food Science & Management FSM der Berner Fachhochschule laufen derzeit mehrere Projekte, in denen das Potenzial antagonistischer Mikroorganismen zur Bekämpfung von Vor- und Nacherntefäule bei Frischprodukten (z.B. Gemüse, Beeren, Obst) erforscht wird. Es sollen alternative Strategien zum Schutz der wichtigsten Schweizer Gemüsesorte, der Karotte, vor der schwarzen Wurzelfäule durch *Thielaviopsis basicola* sowie der wichtigsten Schweizer Beerensorte, der Erdbeere, vor der Graufäule durch *Botrytis cinerea* erarbeitet werden. Die Projekte werden in enger Zusammenarbeit mit den Kolleg*innen aus dem Fachbereich Agronomie der BFH-HAFL, der Forschungsinstitution Agroscope sowie der Universität Fribourg durchgeführt.

Basierend auf Daten aus der Vollgenomsequenzierung und vorhandenem Wissen werden Milchsäurebakterienstämme aus der Agroscope Stammsammlung ausgewählt und sowohl im Labor als auch im Nachernteprozess auf ihre Schutzwirkung gegen die pflanzenpathogenen Pilze untersucht. In enger Zusammenarbeit mit den Gemüseproduzenten und -verarbeitern werden die mikrobiellen Schutzkulturen anwendungsorientiert geprüft. Die neu entwickelten Schutzkulturen sind als Ergänzung zu den klassischen Massnahmen der guten Herstellungspraxis einschliesslich integrierter Managementstrategien und Hürdentechnologie zu sehen (Kägi et al. 2007). Dieser Ansatz soll auch zur weiteren Entwicklung von biologischen, nachhaltigen Bekämpfungsmassnahmen von unerwünschten Verderbniserregern und Pathogenen bei pflanzlichen Frischprodukten und somit zur Reduktion des Einsatzes von chemischen Pflanzenschutzmitteln dienen.

Die Anwendung von Milchsäurebakterien als Schutzkulturen zur Verlängerung der Haltbarkeit von Obst und Gemüse wurde für *Botrytis* und andere Pilzerreger bereits erforscht (Akbar et al., 2016; Gomez-Lopez et al., 2012). Stämme von *Leuconostoc mesenteroides* und *Lactiplantibacillus plantarum* zeigten vielversprechende Ergebnisse sowohl bei der Hemmung von pathogenen Mikroorganismen (durch die Wirkung als antagonistische Bakterien) als auch bei der Verlängerung der Haltbarkeit von behandeltem Obst und Gemüse (Gálvez et al. 2012; Akbar et

al. 2016). In mehreren Studien wurde gezeigt, dass verschiedene Spezies von Milchsäurebakterien den mikrobiellen Verderb auf Obst, Beeren und Gemüse während der Lagerung signifikant minimieren konnten durch die Bildung von antimykotischen, niedermolekularen Verbindungen wie organischen Säuren, Phenolverbindungen, Phenyllessigsäure, kurzkettigen Fettsäuren, Wasserstoffperoxid, Laktonen, proteinogene Verbindungen sowie hochmolekularen Verbindungen wie Polysacchariden mit schützender Biofilmbildungskapazität (Zhao et al. 2004; Sathe et al. 2007; Dalié et al. 2010; Jafarei 2011; Kraiem et al. 2015). Neben ihrem oben beschriebenen Potenzial zur nachhaltigen Bekämpfung sowohl bakterieller als auch pilzlicher Krankheits- und Verderbniserreger besitzen Milchsäurebakterien den grossen Vorteil, als sicher anerkannt zu werden (Bachmann et al. 2019).

4. Nachhaltige Lebensmittelverarbeitung

Eine wesentliche Option zur Erhöhung der Nachhaltigkeit unserer Ernährung besteht in der Reduktion des Konsums tierischer Lebensmittel und hier vor allem von Fleischprodukten. Während der Mehrheit der Konsument*innen vor zehn Jahren vor allem Tofu oder Quorn-basierte Produkte als Alternative zu Fleischprodukten bekannt waren, so sind es heute vor allem pflanzenbasierte «Burger Patties» und deren Begleitprodukte wie Würste oder Gehacktes. Zwar sind die grundsätzlichen Herstellungstechnologien schon lange bekannt, sensorische und optische Weiterentwicklungen sowie der gesellschaftliche Bewusstseinswandel in Ernährungsfragen führten aber erst zum Erfolg. Diese Weiterentwicklung erlaubt den Konsument*innen, ihren Fleischkonsum zu reduzieren, ohne dabei ihr Ernährungsverhalten grundlegend zu ändern oder Abstriche beim Genuss in Kauf nehmen zu müssen. Die zugrundeliegende Technologie basiert auf der Verwendung von Proteinisolaten aus Soja, Weizen sowie Erbsen. Mittels Kochextrusion können Feucht- oder Trocken-Texturate hergestellt werden. Bei der Herstellung von Feucht-Texturaten werden Proteine mit wenig Zusätzen durch «High moisture high temperature»-Extrusion, kurz: HMHT, bei Temperaturen über 130°C zur Aufhebung der molekularen Wechselwirkungen aufgeschmolzen und unter starker Scherung mit einer nachfolgend kontrollierten Kühlung texturiert (Cheftel et al. 1992; Akbar et al. 2016). Die Prozessstrategie des HMHT führt zu elastischen und im Idealfall faserartig strukturierten Produkten (Lin et al. 2000), die entweder direkt (z.B. vegane Poulet-Produkte) oder nach Weiterverarbeitung und Hinzufügen weiterer Zutaten (z.B. vegane Burger Patties) verwendet werden können. Bei der «Low moisture high temperature»-Texturierung

(LMHT) wird bei gleich hohen oder höheren Temperaturen Protein ebenfalls geschmolzen, aber nicht durch Kühlung und Scherung strukturiert, sondern partiell gepufft (Burgess und Stanley 1976). Produkte daraus sind bereits sehr lange als «texturierte» Ersatzprodukte auf dem Markt, beispielsweise als rekonstituierbares Geschnetzeltes basierend auf Soja-schrot, vegane Burger Patties auf Sojaisolat/Gluten-Basis oder als Hackfleischalternative auf Basis von Sonnenblumenschrot. Diese Produkte auf Schrotbasis sind allerdings sensorisch nicht vergleichbar mit HMHT-Produkten, haben aber den Vorteil, dass die Rohstoffe weitgehend komplett verwertet werden können. Ohne Extrusionsprozesse kommen hingegen Alternativen wie Tofu oder Tempeh aus, wobei diese sensorisch auch nicht den Anspruch erheben, vergleichbar mit Fleisch zu sein. Neben Fleischalternativen ist eine Vielzahl an Alternativprodukten entstanden (Fischstäbchen, Lachs, Tunfisch, Käse, Milch), die für sich in Anspruch nehmen, das tierische Pendant ersetzen zu können. Interessanterweise werden auch komplexe pflanzliche Texturen als Grundlagen für sensorisch sehr ähnliche Alternativprodukte verwendet. Ein Beispiel hierfür ist ein veganer Lachsersatz, der auf gegartem und mariniertem Karottengewebe beruht und somit ein Beispiel für ein vor allem auch textuell verblüffend ähnliches Alternativprodukt darstellt, welches zugleich auch nur gering prozessiert ist.

Neben der vollständigen Substitution eines proteinreichen tierischen Lebensmittels durch ein Imitat auf pflanzlicher Basis können die Umweltauswirkungen eines tierischen Produkts durch teilweise Kombination mit nicht-tierischen eiweissreichen Produktteilen vermindert werden. Solche Mischprodukte findet man allerdings kaum auf dem Markt, wenngleich, insbesondere im Kontext mit Milchersatzprodukten, die wissenschaftliche Forschung in den letzten Jahren zugenommen hat. Neben dem Aspekt der Nachhaltigkeit können auch technofunktionelle Vorteile für eine Kombination sprechen, da Mischprodukte je nach Kombination vergleichsweise ähnliche Produkteigenschaften aufweisen können wie rein tierische Produkte. Synergistische Interaktionen können ebenso wie antisynergistische Interaktionen auftreten. Erschwerend kommt hinzu, dass sich pflanzliche Proteine unterschiedlich gut kolloidal lösen lassen (Mota da Silva et al. 2021). Räumliche Ausschlusseffekte können zu phasenseparierenden Systemen führen, mit teilweise drastischen und bisher nicht vorhersagbaren Auswirkungen auf technofunktionelle Eigenschaften (Mession et al. 2017). Wie auch bei Fleischalternativen sind die Anforderungen an die sensorischen Merkmale der eingesetzten Rohstoffe sehr hoch, da Fehlgerüche (bspw. bohlig,

grün) vergleichsweise einfach wahrgenommen werden können. Im Sinne einer nachhaltigen Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Nutzflächen wäre eine Kombination von tierischen und pflanzlichen Proteinquellen konsequent, da rund zwei Drittel der weltweiten Landwirtschaftsflächen aus Dauergrünland bestehen und folglich nur über Wiederkäuer für die Lebensmittelproduktion verwendet werden können. Neben bekannten Proteinquellen wie Soja und Erbsen bieten sich für den nachhaltigen Anbau in der Schweiz vor allem Leguminosen an (Heine *et al.* 2018). Ein progressiverer Ansatz liegt zudem in der direkten Gewinnung von Proteinen aus Gräsern und Blättern, so dass zumindest ein Teil des Proteins dem tierischen Verdauungssystem entzogen werden kann.

Potenzial zur Reduktion der Umweltauswirkungen der Lebensmittelindustrie hat auch die konsequente Verwertung von Nebenstromprodukten. Konsens besteht darüber, dass rund ein Drittel der gesamten Lebensmittelverluste in der Lebensmittelindustrie anfällt. Es handelt sich oft um faserreiche und damit ernährungsphysiologisch eher hochwertige Nebenströme, die aus sensorischen Gründen nicht weiterverwertet werden. Ausgerechnet die veganen Fleischalternativen nach dem HMHT-Herstellungsverfahren (Burger Patties) sorgen für erhebliche Nebenströme, da sie auf hochgereinigte Proteine angewiesen sind. Zwar gibt es erste Überlegungen, auch die ungereinigten Mehle einzusetzen, es sind aber noch grössere technologische Entwicklungen und vermutlich eine weitergehende Adaptation der Konsument*innen notwendig.

Die Forschungsaktivitäten im Fachbereich Food Science & Management legen unter anderem einen Schwerpunkt auf die möglichst vollständige Verwertung von pflanzenbasierten Rohstoffquellen. So ist es uns gelungen, eine Plattform zur Konversion pflanzenbasierter Proteinquellen oder deren verarbeitungsbedingten Nebenströmen zur Erzeugung einer neuen Generation an texturierten Produkten zu entwickeln. Die Produkte zeichnen sich in erster Linie durch eine bissfeste Textur und hervorragende ernährungsphysiologische Eigenschaften aus. Prozesstechnisch kennzeichnend ist der Verzicht auf HMHT- oder LMHT-Extrusion, stattdessen basiert die Texturierung auf einem Fermentationsverfahren. Zugleich beschäftigen wir uns mit der Funktionalisierung verschiedener Nebenströme (verschiedene Presskuchen aus der Protein- und Ölgewinnung). Die meist sehr faserreichen Stoffe gelten sensorisch und technofunktionell oft als ungeeignet für weitere Anwendungen in der Lebensmittelindustrie. Mithilfe thermischer, mechanischer und bioverfah-

renstechnischer Strategien zielen wir in erster Linie auf eine massgeschneiderte Destrukturierung, beispielsweise des Okaras, einem weltweit in sehr grossen Mengen anfallenden Nebenprodukt der To-fuherstellung. Neben der Verwertung von Nebenströmen setzen wir einen weiteren Schwerpunkt auf die Entwicklung einer Proteinplattform, deren Fernziel es ist, technofunktionelle und ernährungsphysiologische Eigenschaften von Proteinmischungen (pflanzliche und/oder tierische) vorhersagen zu können. Mischungen werden zukünftig von wesentlicher Bedeutung sein, da die Proteinqualität pflanzlicher Quellen im Vergleich zu tierischen tendenziell geringer ist (Sousa und Bolanz 2017), insbesondere durch quantitative Limitierung der essentiellen Aminosäure Lysin oder schwefelhaltiger Aminosäuren (Berrazaga *et al.* 2019) sowie durch antinutritive Verbindungen. Durch Kombination verschiedener Proteinquellen und durch gezielte Verarbeitung kann die Proteinqualität erhöht werden (Liang *et al.* 2008; Shi *et al.* 2017). Eine Vielzahl weiterer prozesstechnologisch und materialwissenschaftlich getriebener Forschungsprojekte im Bereich pflanzenbasierter Rohstoffquellen (z.B. Proteingewinnung aus Moringa-Blättern, neue Herstellungstechnologie veganer Käsealternativen), aber auch im Bereich tierischer Proteine [z.B. mehrere Projekte zum Up-cycling von Molke (Kopf-Bolanz *et al.* 2015)] unterstreichen den hohen Nachhaltigkeitsbezug unserer Forschungsaktivitäten.

5. Nachhaltige städtische Ernährungsinitiativen

Eine wachsende Anzahl an Ernährungsinitiativen bieten städtischen Konsument*innen Lebensmittel zur Plastikvermeidung unverpackt an, produzieren und liefern saisonale Bio-Lebensmittel aus der Region oder kochen aus Lebensmittelresten innovative Menüs. Gemein haben diese Nischenakteur*innen, dass sie mit ihrem innovativen Angebot breitenwirksam werden wollen, um so städtische Ernährungssysteme nachhaltiger mitzugestalten. Solche Nischen sind Gegenstand von Transitionstheorien, wie der Mehr-Ebenen-Perspektive von Geels (2002), die davon ausgeht, dass die Innovationsaktivitäten in den Nischen die etablierten Regime, wie beispielsweise den Detailhandel, beeinflussen und verändern können. Bei ihren Tätigkeiten stossen die Akteur*innen jedoch auf unterschiedliche Zielkonflikte zwischen den Dimensionen der Nachhaltigkeit.

Zielkonflikte zwischen verschiedenen Nachhaltigkeitsdimensionen wurden von Mitarbeiterinnen des Fachbereichs Food Science & Management FSM in einer explorativen Studie zu den Ansprüchen städtischer Akteur*innen an ein nachhaltiges Ernährungssystem mithilfe von qualitativen Interviews er-

forscht (Markoni und Götze 2020). Die Studie zeigt beispielsweise, dass die Rentabilität nicht bei allen Initiativen gleichermassen gewährleistet ist (ökonomische Dimension der Nachhaltigkeit). Dies kann mit einem Anspruch an faire Löhne konfliktieren und zu einer erhöhten Personalfuktuation führen (soziale Dimension der Nachhaltigkeit). Ebenfalls sind die zur Verfügung gestellten und teils selbst produzierten Lebensmittel der Ernährungsinitiativen nicht für alle Konsument*innen gleichermassen zugänglich, wenn Wissen oder die finanziellen Möglichkeiten fehlen. Zudem fehlt teils, gemäss den interviewten Vertreter*innen der Initiativen, die Wertschätzung für die Landwirtschaft und Lebensmittelproduktion seitens der Konsumierenden. Einige Initiativen beziehen jedoch städtische Konsument*innen in den Anbau und die Ernte ein und senken so ihr finanzielles Risiko. Andere bieten innovative und kreative Kochkurse an, um das Bewusstsein für die Wertigkeit von Lebensmitteln zu schärfen und Lebensmittelreste zu vermeiden.

Um eine langfristige und breite Veränderung der bestehenden Regime zu erreichen, braucht es nicht zuletzt aber auch die Unterstützung weiterer Akteur*innen, wie beispielsweise der Politik und Verwaltung, indem frühzeitig verstärkt Aufklärungsarbeit in Kindergärten und Schulen geleistet wird. So könnten zur Sensibilisierung Gemüsegärten oder ein regionales Verpflegungsangebot in Schulkantinen zur Verfügung gestellt werden. Schliesslich diskutieren die Autorinnen ebd. (2020) die Notwendigkeit der Entwicklung von Suffizienz-Strategien zur Einhaltung der Planetary Boundaries bei der Produktion und dem Konsum von Lebensmitteln (Willett et al. 2019). Dabei erachten Markoni und Götze (2020) nicht nur die Einhaltung der oberen Grenzen, sondern auch die der unteren Grenzen als unabdingbar, um ein gutes Leben für alle gewährleisten zu können.

Eine neue Studie zu Foodwaste in Restaurants während der Covid-19-Pandemie zeigt, dass bei den befragten Restaurants die Thematik der Lebensmittelverschwendung in den Hintergrund und finanzielle Sorgen in den Vordergrund gerückt sind (Markoni et al. 2020). Die Studie betont die Wichtigkeit einer nachhaltigen Transformation von städtischen Ernährungssystemen, um diese langfristig resilient und widerstandsfähig gegenüber Krisen gestalten zu können. Hier könnte etwa die Partizipative Aktionsforschung (PAR) helfen, um gemeinsam Fragen mit städtischen Akteur*innen zu entwickeln und zu erforschen und frühzeitig die Akzeptanz für einen Strukturwandel einzuleiten. Das Innovative der PAR ist, dass die erforschten Personen zu Ko-Forscher*innen werden (Chevalier und Buckles 2013), indem sie an allen

Schritten im Forschungsprozess nach ihren Möglichkeiten beteiligt werden und diesen mitbestimmen. Entsprechend läuft der Forschungsprozess demokratisch ab. Dabei sind unterschiedliche Grade der Partizipation möglich (Bergold und Thomas 2012). Wichtig bei der PAR ist jedoch, dass sich die Forschenden stets kritisch reflektieren, da sie keine rein objektive, aussenstehende Rolle wie im klassischen Forschungsprozess einnehmen. Deshalb ist es entscheidend, dass die Rollen und Beziehungen aller Beteiligten von Beginn an klar geregelt sind (ebd.). So können beispielsweise Konflikte zwischen Forschungs- und inhaltlichen Projektzielen vermieden werden. Trotz dieser potentiellen Risiken im Forschungsprozess ermöglichen solche partizipativen Ansätze ein besonderes Vertrauen zwischen Forscher*innen und Beforschten und durch die entstehende Nähe den Zugang zu tieferen, ggf. tabubehafteten Themen (ebd.).

6. Nachhaltiger Lebensmittelkonsum

Für die Konsumierenden ist die Nachhaltigkeit von Lebensmitteln in den letzten Jahren zunehmend wichtig geworden (Vermeir und Verbeke 2006). Diese sind sich der Konsequenzen ihrer eigenen Konsumentscheidungen immer bewusster (ebd.; Goetzke et al. 2014; Grunert et al. 2014). Nichtsdestotrotz herrscht unter den Konsumierenden auch eine gewisse Unsicherheit, da die zunehmend komplexen Wertschöpfungsketten wenig transparent in Bezug auf Herkunft und Produktionsweise der Lebensmittel sind (Götze et al. 2016). Daher ist es nicht überraschend, dass beispielsweise heimische und ökologische Lebensmittel so erfolgreich sind, da sie allgemein hin von den Konsumierenden als nachhaltiger angesehen werden (ebd.). Diesen Zusammenhang konnten wir ebenfalls in einer unserer jüngsten Studien aufzeigen (Götze und Brunner 2020). Diese Studie weist darauf hin, dass sich die meisten Konsumierenden der Bedeutung der Nachhaltigkeit bei Lebensmitteln bewusst sind und diese als Kaufkriterium bei der Wahl der Lebensmittel heranziehen. Andererseits stossen Konsument*innen in der Schweiz, die ihren Anspruch an einen nachhaltigen Lebensmittelkonsum in die Tat umsetzen wollen, auf unterschiedliche individuelle und strukturelle Herausforderungen und konfliktierende Konventionen (Evans 2011; Markoni 2017). Beispielsweise fehlt Konsumierenden, neben Wissen oder finanziellen Möglichkeiten, aufgrund bestehender Arbeitszeitmodelle und Strukturen des Zusammenlebens oft die Zeit, um sich nachhaltig zu ernähren (Markoni 2017). Ebenfalls können Konventionen, wie die Umweltkonvention und der eigene Anspruch an eine nachhaltige Ernährung mit der häuslichen Konvention und dem Anspruch der Familie an die Ernährung, in Widerspruch geraten, wenn einerseits auf

Regionalität und Saisonalität geachtet wird, andererseits auf den Geburtstagskuchen mit den ausser-saisonalen Früchten nicht verzichtet werden möchte (Evans 2011; Markoni 2017). Ernährung lässt sich zudem nicht abgetrennt von anderen Handlungsfeldern betrachten, wie beispielsweise dem Handlungsfeld Wohnen, denn wenn die Kosten für Wohnflächen in Städten steigen, steht vielen städtischen Haushalten weniger Geld für gesunde und nachhaltige Lebensmittel zur Verfügung.

Ernährung ist immer auch ein soziales Phänomen und Geschmack oder der Zugang zu Lebensmitteln hängen von unterschiedlichen sozialen Faktoren ab. Gemäss Bourdieu (1979) zeigen sich die feinen Unterschiede unter anderem innerhalb der Ernährung und beeinflussen folglich unseren Ernährungsstil. Beispielsweise reproduzieren sich in unseren Ernährungsgewohnheiten soziale Ungleichheiten (Barlösius 1999). So können sich beispielsweise nicht alle Konsument*innen eine nachhaltige und gesunde Ernährung leisten. Ebenfalls zeigt sich die soziale Distinktion in der Ernährung, und der «Veganuary» (veganer Januar) wird zum Symbol der Zugehörigkeit zu einer bestimmten Gruppe, die sich von anderen Konsument*innen abgrenzt (ebd.). «Durch die Teilnahme an einer Mahlzeit, das Teilen der Nahrung, wird man Mitglied einer Gemeinschaft.» (ebd.).

Schliesslich benötigt ein Wandel von Esskulturen Zeit und «Essgewohnheiten wandeln sich nur langsam» (Vaillant). Auch wenn religiöse Gebote und Verbote, wie der Verzicht auf Fleisch am Freitag, unseren Alltag mehrheitlich nicht mehr dominieren, ist unsere Ernährung stark in unserer Kultur verankert, und nicht alle essbaren Lebensmittel werden auch verzehrt, was die Verfügbarkeit eingrenzt (Kutsch 2000). Dies zeigt sich ebenso am Beispiel von Insekten als Lebensmittel, welche von der Welt-ernährungsorganisation FAO als nachhaltig und gesund propagiert werden (van Huis 2013). Seit 2017 dürfen diese in der Schweiz vermarktet werden, und einige Start-ups, aber auch grössere Lebensmittelproduzenten versuchen seither Lebensmittel aus Insekten zu etablieren – kein einfaches Unterfangen, da Insekten in unseren Breitengraden eher als Ungeziefer, das nicht auf den Teller gehört, betrachtet werden. Viele Konsumierende ekeln sich davor Insekten zu essen, wie eine Studie aus der Konsumforschung im Fachbereich Food Science & Management FSM, zeigt (Brunner und Nuttavuthisit 2020). Aber es gibt auch ein kleines Segment von Konsumierenden, das offen ist für diese kulinarischen Erlebnisse, und noch mehr Personen sind einfach neugierig und würden wenigstens einmal ein aus Insekten hergestelltes Le-

bensmittel probieren. Umso wichtiger ist es, dass die Produkte, die bei uns auf den Markt kommen, qualitativ hochwertige Lebensmittel sind, die geschmacklich überzeugen. Nur dann wird es gelingen, Konsumierende zum Wiederkauf zu bewegen und das Geschäft mit Insekten rentabel zu machen.

7. Schlussfolgerungen

Für die erfolgreiche Transformation von Ernährungssystemen hin zu einem Nahrungsmittelkonsum, der innerhalb der natürlichen Ressourcengrenzen liegt und eine gesunde und sichere Ernährung ermöglicht, sind an erster Stelle die strukturellen Rahmenbedingungen entscheidend, die in gesellschaftspolitischen Prozessen erarbeitet werden müssen. Technologische Innovationen auf der Ebene der Lebensmittelverarbeitung sind eine weitere wichtige Voraussetzung für den Transformationsprozess. Sensorisch ansprechende pflanzenbasierte Proteinalternativen helfen zum Beispiel, den Anteil an tierischen Produkten in unserer Ernährung zu reduzieren und damit den ernährungsbedingten Umweltfussabdruck zu minimieren. Technologische Innovationen aus der Lebensmitteltechnologie helfen aber auch, vermeidbare Lebensmittelverluste zu verringern und damit Umweltbelastung aus der Produktion von ansonsten zusätzlich benötigten Lebensmitteln zu vermeiden. Der technologischen Innovation vorge-lagert ist die ökologisch-vertretbare und ressourcenschonende Landwirtschaft, die beispielsweise dafür sorgt, dass proteinreiche Pflanzen mit einem hohen Hektarertrag auf Schweizer Boden angebaut werden können, die dann als Rohstoff für die pflanzenbasierten Proteinalternativen dienen. Eine wichtige Rolle für eine ökologische-vertretbare Landwirtschaft von Morgen können hierfür Schutzkulturen spielen.

Die Adaptation von nachhaltigen Lebensmittelinnovationen ist nicht zuletzt vom menschlichen Verhalten abhängig, weshalb der Konsumforschung im Rahmen der Transformation von Ernährungssystemen eine zentrale Rolle zukommt. Zum einen müssen wir die Bedürfnisse und Präferenzen der Konsument*innen kennen, damit diese bei der Entwicklung eines neuen Lebensmittels berücksichtigt werden können. Zum anderen müssen wir das Konsumverhalten verstehen, um über soziale Innovationen Verhaltensänderungen herbeizuführen, die in einer nachhaltigeren und gesünderen Ernährung münden. So ist die Ernährung ein soziales Phänomen und folglich nicht abgesondert beispielsweise von der sozialen Distinktion oder von kulturellen Besonderheiten zu begreifen. Ebenfalls müssen in einem nachhaltigen Ernährungssystem Lebensmittel für alle Konsumierenden gerecht zugänglich gemacht werden, was insbesondere wachsende Städte

vor grosse strukturelle Herausforderungen stellt. Zu guter Letzt braucht es eine differenzierte Nachhaltigkeitsanalyse und -bewertung, die auch die Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Elementen im Ernährungssystem berücksichtigt, um den Effekt technologischer Innovationen und Verhaltensänderungen möglichst umfassend sichtbar und messbar zu machen. Damit ermöglicht die Nachhaltigkeitsbewertung zum einen die Zielkontrolle und schafft zum anderen die Grundlage, um den gesellschaftspolitischen Diskurs in partizipativen Prozessen voranzutreiben. Dies soll schlussendlich der Transformation hin zu einem nachhaltigen Ernährungssystem zum Durchbruch verhelfen.

Der Fachbereich Food Science & Management der Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften der Berner Fachhochschule adressiert in

Forschung und Lehre Lösungsansätze zur Unterstützung der Transformation von Ernährungssystemen auf sämtlichen Stufen der Lebensmittelwertschöpfungskette. Über Analysen des Ernährungssystems auf der Ebene zentraler Akteure und der Nachhaltigkeitsbewertung der Lösungsansätze liefern wir das wissenschaftliche Fundament für die Initiierung der Transformationsprozesse.

Es ist uns ein grosses Anliegen, unser Know-how und unser Wissen in unseren Studiengängen an die junge Generation weiterzugeben. Einer Generation, die so hoffentlich ein Stück weit besser gewappnet sein wird, sich den Herausforderungen der Ernährungssysteme von morgen zu stellen und Lösungen aufzuzeigen für einen wirklich nachhaltigen und verantwortungsvollen Umgang mit den Ressourcen unseres Planeten. ■

Literatur

- Ahmad M, Pataczek L, Hilger TH, Zahir ZA, Hussain A, Rasche F, Schafleitner R, Solberg SØ, 2018. Perspectives of Microbial Inoculation for Sustainable Development and Environmental Management. *Frontiers in microbiology*, 9, 2992.
- Akbar A, Ali I, Anal AK, 2016. Industrial perspectives of lactic acid bacteria for biopreservation and food safety. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 26 (4), 938–948.
- Anonymous, 2017. Aktionsplan zur Risikoreduktion und nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln. Bericht des Bundesrates.
- Bachmann H-P, Kohn C, Ah U von, Shani N, 2019. Sicherheitsabklärungen für die Liebefelder Kulturen. *Agrarforschung Schweiz*, 10 (7–8), 290–297.
- Barlösius E, 1999. Soziologie des Essens. Eine sozial- und kulturwissenschaftliche Einführung in die Ernährungsforschung. Juventa-Verlag, Weinheim etc.
- Bergold J, Thomas S, 2012. Partizipative Forschungsmethoden: Ein methodischer Ansatz in Bewegung. *Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research*, Vol 13, No 1 (2012): Participatory Qualitative Research / *Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research*, Vol 13, No 1 (2012): Participatory Qualitative Research.
- Berrazaga I, Micard V, Gueugneau M, Walrand S, 2019. The Role of the Anabolic Properties of Plant- versus Animal-Based Protein Sources in Supporting Muscle Mass Maintenance: A Critical Review. *Nutrients*, 11 (8).
- Bourdieu P, 1979. Die feinen Unterschiede. Kritik der gesellschaftlichen Urteilskraft. Suhrkamp, Frankfurt a.M.
- Brunner TA, Nuttavuthisit K, 2020. A consumer-oriented segmentation study on edible insects in Switzerland and Thailand. *British Food Journal*, 122 (2), 482–488.
- Burgess L, Stanley D, 1976. A Possible Mechanism for Thermal Texturization of Soybean Protein. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 9 (4), 228–231.
- Cheftel JC, Kitagawa M, Quéguiner C, 1992. New protein texturization processes by extrusion cooking at high moisture levels. *Food Reviews International*, 8 (2), 235–275.
- Chevalier JM, Buckles D, 2013. Participatory action research. Theory and methods for engaged inquiry. Routledge, London.
- Dalié D, Deschamps AM, Richard-Forget F, 2010. Lactic acid bacteria – Potential for control of mould growth and mycotoxins: A review. *Food Control*, 21 (4), 370–380.
- EAT-Lancet Commission, 2019. Food, Planet, Health. Healthy diets from sustainable food systems. Summary report of the EAT-Lancet Commission.
- Evans D, 2011. Consuming conventions: sustainable consumption, ecological citizenship and the worlds of worth. *Journal of Rural Studies*, 27 (2), 109–115.
- Gálvez A, Pérez Pulido R, Abriouel H, Ben Omar N, Grande Burgos MJ, 2012. Protective Cultures. In: Gomez-Lopez VM (Hrsg.). *Decontamination of Fresh and Minimally Processed Produce*. John Wiley & Sons, S. 297–316.
- Geels FW, 2002. Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. *Research Policy*, 31 (8–9), 1257–1274.

- Goetzke B, Nitzko S, Spiller A, 2014. Consumption of organic and functional food. A matter of well-being and health? *Appetite*, 94–103.
- Götze F, Brunner TA, 2020. Sustainability and country-of-origin. How much do they matter to consumers in Switzerland? *British Food Journal*, 122 (1), 291–308.
- Götze F, Mann S, Ferjani A, Kohler A, Heckelet T, 2016. Explaining market shares of organic food: evidence from Swiss household data. *British Food Journal*, 118 (4), 931–945.
- Grunert KG, Hieke S, Wills J, 2014. Sustainability labels on food products: Consumer motivation, understanding and use. *Food Policy*, 44, 177–189.
- Gustavsson J, Cederberg C, Sonesson U, van Otterdijk R, Meybeck A, 2011. Global Food Losses and Food Waste. Study conducted for the International Congress SAVE FOOD! at Interpack 2011, Düsseldorf, Germany.
- Haider R, Fermaud M, Calvo-Garrido C, Roudet J, Deschamps A, 2016. Modes of action for biological control of *Botrytis cinerea* by antagonistic bacteria. Review. *Phytopathologia Mediterranea*, 55 (3), 301–322.
- Heine D, Rauch M, Ramseier H, Müller S, Schmid A, Kopf-Bolanz K, Eugster Elisabeth, 2018. Pflanzliche Proteine als Fleischersatz: eine Betrachtung für die Schweiz. *Agrarforschung Schweiz*, 9 (1), 4–11.
- Jafari P, 2011. *Lactobacillus acidophilus* cell structure and application. *African Journal of Microbiology Research*, 5 (24).
- Kägi A, Crespo P, Baur R, Bertschinger L, Höhn E, Heller W, 2007. Qualitätssicherung in der Karotten-Produktionskette. Projektbericht. *Agroscope*.
- Kopf-Bolanz K, Bisig W, Jungbluth N, Denkel C, 2015. Quantitatives Potenzial zur Verwertung von Molke in Lebensmitteln in der Schweiz. *Agrarforschung Schweiz*, 6 (6), 270–277.
- Kraiem M, Kachouri F, Ghoul M, Hamdi M, 2015. Antioxidative and bioprotective effect of lactic acid bacteria on postharvest strawberry: intact and cell lysates. *Journal of Food Science and Technology*, 52 (11), 7345–7352.
- Kutsch T, 2000. Konturen einer Ernährungssoziologie. In: Rosenkranz D, Schneider NF (Hrsg.). *Konsum. Soziologische, ökonomische und psychologische Perspektiven*. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, 149–168.
- Leneuve-Jenvrin C, Charles F, Barba FJ, Remize F, 2020. Role of biological control agents and physical treatments in maintaining the quality of fresh and minimally-processed fruit and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60 (17), 2837–2855.
- Liang J, Han B-Z, Nout MJR, Hamer RJ, 2008. Effects of soaking, germination and fermentation on phytic acid, total and in vitro soluble zinc in brown rice. *Food Chemistry*, 110 (4), 821–828.
- Lin S, Huff HE, Hsieh F, 2000. Texture and Chemical Characteristics of Soy Protein Meat Analog Extruded at High Moisture. *Journal of Food Science*, 65 (2), 264–269.
- Markoni E, 2017. *Nachhaltiger Konsum und Lebensstile in der Schweiz. Eine soziologische Betrachtung individueller Selbstwahrnehmung des "Lifestyle of health and sustainability"*. Peter Lang, Bern, 247 Seiten.
- Markoni E, Götze F, 2020. Anspruch und Wirklichkeit bei der Umsetzung eines nachhaltigen städtischen Ernährungssystems. Eine empirische Vorstudie der Berner Ernährungsinitiativen. In: Brokow-Loga A, Eckardt F (Hrsg.). *Postwachstumsstadt. Konturen einer solidarischen Stadtpolitik*. oekom, München, S. 256–272.
- Markoni E, Götze F, Lieberherr T, 2020. Unsicherheiten und Existenzängste rücken in den Vordergrund. *Gastro Journal*, 2020, S. 22–23.
- Meier MS, Hörtenhuber S, Schweiger S, Markut T, Frick R, Moschitz H, 2020. Understanding the interrelations between food consumption and the preservation of natural resources in urban food systems. Proceedings of the 12th International Conference on Life Cycle Assessment of Food 2020 (LCA Food 2020) – “Towards Sustainable Agri-Food Systems”; 13–16 October 2020, Berlin, Germany – Virtual Format, 31–35.
- Mession J-L, Roussel S, Saurel R, 2017. Interactions in casein micelle – Pea protein system (Part II): Mixture acid gelation with glucono- δ -lactone. *Food Hydrocolloids*, 73, 344–357.
- Moschitz H, Frick R, 2020. City food flow analysis. A new method to study local consumption. *Re-newable Agriculture and Food Systems*, 1–13.
- Mota da Silva AM, Souza Almeida F, Kawazoe Sato AC, 2021. Functional characterization of commercial plant proteins and their application on stabilization of emulsions. *Journal of Food Engineering*, 292, 110277.
- Ripple WJ, Wolf C, Newsome TM, Barnard P, Moomaw WR, 2019. World Scientists' Warning of a Climate Emergency. *BioScience*.
- Romanazzi G, Smilanick JL, Feliziani E, Droby S, 2016. Integrated management of postharvest gray mold on fruit crops. *Postharvest Biology and Technology*, 113, 69–76.
- Sathe SJ, Nawani NN, Dhakephalkar PK, Kapadnis BP, 2007. Antifungal lactic acid bacteria with potential to prolong shelf-life of fresh vegetables. *Journal of Applied Microbiology*, 103 (6), 2622–2628.

- Schanz H, Pregernig M, Kruse S, 2020. Ernährung als kommunalpolitisches Thema. In: Schanz, H.; Pregernig, M.; Baldy, J.; Sipple, D.; Kruse, S. (Hrsg.): Kommunen gestalten Ernährung – Neue Handlungsfelder nachhaltiger Stadtentwicklung. DStGB Dokumentation, Nr. 153. Deutscher Städte- und Gemeindebund, Berlin.
- Shi L, Mu K, Arntfield SD, Nickerson MT, 2017. Changes in levels of enzyme inhibitors during soak-ing and cooking for pulses available in Canada. *Journal of Food Science and Technology*, 54 (4), 1014–1022.
- Sousa A, Kopf-Bolanz KA, 2017. Nutritional Implications of an Increasing Consumption of Non-Dairy Plant-Based Beverages Instead of Cow's Milk in Switzerland. *Advances in Dairy Research*, 05 (04).
- Vaillant K, ohne Datum. Schmeckt doch, oder? Essen liefert nicht nur Energie. Über die sozialen Dimensionen des Geschmacks. In: *Le Monde diplomatique* (Hrsg.): Die Essenmacher. Was die Lebensmittelindustrie anrichtet, S. 96–99.
- van Berkum S, Dengerink J, Ruben R, 2018. The food systems approach: sustainable solutions for a sufficient supply of healthy food, The Hague.
- van Huis A, 2013. Edible insects: future prospects for food and feed security. Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO, Rome, xvi, 187 p.
- Vermeir I, Verbeke W, 2006. Sustainable Food Consumption: Exploring the Consumer “Attitude – Behavioral Intention” Gap. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 19 (2), 169–194.
- Willett W, Rockström J, Loken B, Springmann M, Lang T, Vermeulen S, Garnett T, Tilman D, De-Clerck F, Wood A, Jonell M, Clark M, Gordon LJ, Fanzo J, Hawkes C, Zurayk R, Rivera JA, Vries W de, Majele Sibanda L, Afshin A, Chaudhary A, Herrero M, Agustina R, Branca F, Lartey A, Fan S, Crona B, Fox E, Bignet V, Troell M, Lindahl T, Singh S, Cornell SE, Srinath Reddy K, Narain S, Nishtar S, Murray CJL, 2019. Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet*, 393 (10170), 447–492.
- Wiskerke JS, 2009. On Places Lost and Places Regained: Reflections on the Alternative Food Geography and Sustainable Regional Development. *International Planning Studies*, 14 (4), 369–387.
- Zhao T, Doyle MP, Zhao P, 2004. Control of *Listeria monocytogenes* in a biofilm by competitive-exclusion microorganisms. *Applied and Environmental Microbiology*, 70 (7), 3996–4003.